

30.9.2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

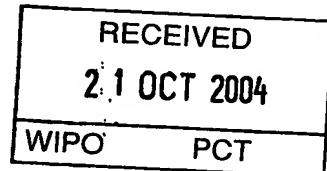
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 7月31日

出願番号
Application Number: 特願2003-284062

[ST. 10/C]: [JP2003-284062]

出願人
Applicant(s): 独立行政法人産業技術総合研究所



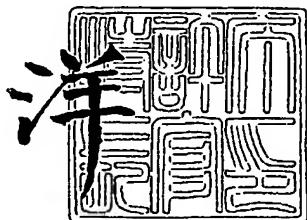
BEST AVAILABLE COPY

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 8月16日

特許長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 339-03289
【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿
【国際特許分類】 H01L 23/14
H05K 3/14

【発明者】
【住所又は居所】 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所
つくばセンター内
【氏名】 村田 和広

【発明者】
【住所又は居所】 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所
つくばセンター内
【氏名】 横山 浩

【特許出願人】
【識別番号】 301021533
【氏名又は名称】 独立行政法人産業技術総合研究所
【代表者】 吉川 弘之
【電話番号】 029-861-3280

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【書類名】特許請求の範囲**【請求項1】**

溶液が供給される微細径の針状流体吐出体の先端に近接して基板を配設するとともに、前記針状流体吐出体に任意波形電圧を印加することにより前記基板表面に対して流体の超微細径液滴を吐出させ、該液滴を基板へ飛翔、付着させ、付着後該流体液滴を固化することを特徴とする立体構造物の製造方法。

【請求項2】

基板上に先に付着した液滴固化物に電界を集中させ、その上に、後から付着する液滴を積み重ねる請求項1記載の立体構造物の製造方法。

【請求項3】

前記流体が金属超微粒子を含むことを特徴とする請求項1記載の立体構造物の製造方法。

【請求項4】

前記流体が高分子溶液であることを特徴とする請求項1記載の立体構造物の製造方法。

【請求項5】

前記流体がセラミックス超微粒子を含む溶液であることを特徴とする請求項1記載の立体構造物の製造方法。

【請求項6】

前記流体がセラミックスのゾルーゲル溶液であることを特徴とする請求項1記載の立体構造物の製造方法。

【請求項7】

前記流体が低分子溶液であることを特徴とする請求項1記載の立体構造物の製造方法。

【請求項8】

吐出する前記流体のサイズが、直径3μm以下であることを特徴とする請求項1記載の立体構造物の製造方法。

【請求項9】

前記流体の乾燥固化時間が、0.1秒以下であることを特徴とする請求項1記載の立体構造物の製造方法。

【請求項10】

前記流体の飛翔速度が10m/s以上であることを特徴とする請求項1記載の立体構造物の製造方法。

【請求項11】

前記流体の飽和蒸気圧以下の雰囲気において行われる事を特徴とする請求項1記載の立体構造物の製造方法。

【請求項12】

前記基板の表面温度が、前記流体の沸点以下であることを特徴とする請求項1記載の立体構造物の製造方法。

【請求項13】

吐出する前記流体の誘電率が1以上で有ることを特徴とする請求項1記載の立体構造物の製造方法。

【請求項14】

超微細粒径の液滴を固形化、積重ねて成長させてなる微細径の立体構造物。

【請求項15】

アスペクト比が3以上である請求項14記載の立体構造物。

【請求項16】

前記液滴の粒径が直径3μm以下であることを特徴とする請求項14記載の立体構造物。

。



【書類名】明細書

【発明の名称】立体構造物の製造方法および微細立体構造物

【技術分野】

【0001】

本発明は、超微細径の流体吐出体近傍に電圧を印加して、金属やセラミックス、半導体、高分子などの超微粒子、セラミックスや高分子前駆体などを超微細な流体を基板に吐出させ、基板に堆積させることにより立体構造を形成する方法とそれにより得られる微細立体構造物に関する。

【背景技術】

【0002】

インクジェットは、扱える材料の幅が比較的広く、また事前にフォトマスクや金型などの作製を要しない。従来のインクジェット記録方式としては、適時にインク滴を飛翔させるドロップオンデマンド方式等として、ピエゾ変換方式あるいはバブルジェット（登録商標）方式（サーマル方式）等の熱変換方式（例えば、特許文献1）などが知られている。インクジェットを用いて立体構造物を作製させる試みは様々な方法が行われてはいる。

インクジェットで立体構造物を作製しようとする場合、解決すべきいくつかの課題が存在する。一つには、インクジェットで吐出するのは通常、液体で、そのままでは立体的に積み重なることはない。このために、積み重ねるには固化させるための別の手段が必要になる。

【0003】

一つの方法として、吐出液体を光硬化性樹脂として着弾した液滴を硬化させることが提案されている。また、石膏などの粉状の基板に水などのバインダーを吐出することで、基板側の材質を固化させる事により、立体構造物を作製する方法も行われている。しかし、このいずれの方式とも、扱える材質などに制限が存在した。

また、従来のインクジェット記録方式には、超微細立体構造を作製するために解決すべき以下の根本的な問題があった。

(1) 超微細液滴の吐出の困難性

現在、実用化され広く用いられているインクジェット方式（ピエゾ方式や、サーマル方式）では、1 p l（ピコリットル）を下回るような微少量の液体の吐出は困難である。この理由は、ノズルが微細になるほど吐出に必要な圧力が大きくなるためである。

(2) 着弾精度の不足

ノズルから吐出した液滴に付与される運動エネルギーは、液滴半径の3乗に比例して小さくなる。このため、微細液滴は空気抵抗に耐えるほどの十分な運動エネルギーを確保できず、空気対流などにより、正確な着弾が期待出来ない。さらに、液滴が微細になるほど、表面張力の効果が増すために、液滴の蒸気圧が高くなり蒸発量が大きくなる。このため微細液滴は、飛翔中の著しい質量の消失を招き、着弾時に液滴の形態を保つことすら難しいという事情があった。

【0004】

以上のように液滴の微細化と着弾位置の高精度化は、相反する課題であり、両方を同時に実現することは従来困難であった。

その他、インクジェット方式を用いた特殊な方法としては、低融点のはんだ合金（鉛スズ合金）をピエゾ型インクジェットで吐出することで、高さ $60 \mu m$ 程度の立体構造を形成する事も行われている。この方式では、インク自体が比重の大きなはんだ合金を用いることで、飛翔液滴の運動エネルギーをある程度大きくすることが可能である。しかしながら、液滴の大きさは数十 μm ~ 100 μm 程度であった。（たとえば、Micro fab Technology社、D. J. Hayes, W. R. Cox and M. E. Grove, J. Electronics Manufacturing, 8 (1998) 209）。

また、はんだを使ったインクジェットによる立体構造形成では、溶媒の蒸発現象による粘度等の変化を利用しているわけではなく、着弾による温度低下による固化を利用している。また、電界を用いて成膜する方法としては、静電塗装などが知られているが、これは

均一に強固な塗膜を得ることを目的としたもので、立体構造をするためのものではない。

上記のように、従来のインクジェット方式により、超微細な、アスペクト比（構造物の底面の短径に対する高さの比（高さ／底面の短径））の高い、例えば3以上の柱状の微細構造体の作製は難しい。

微細な（例えば径が600nm以下で、ナノメートルオーダーの）立体構造体、なかでもアスペクト比の高い構造体は、ナノテクノロジーをはじめ例えば、表面実装基板におけるスルーホールや、バンプなど多くの応用用途がある。しかし、こうした構造体を得るためにプロセスは複雑で、高価な設備が必要であった。特殊な方法として、インクジェットによる立体構造形成法がいくつか考案されてはいるが、着弾精度や微細性、扱える材料などにおいていずれも欠点を有していた。

【特許文献1】特公昭61-59911号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

したがって、本発明はアスペクト比を自由に設定しうる立体の微細構造物を、精度と生産性よく製造しうる方法を提供することを目的とする。

さらに、本発明は微細立体構造物を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明者の上記の課題は以下の手段によって達成された。

(1) 溶液が供給される微細径の針状流体吐出体の先端に近接して基板を配設するとともに、前記針状流体吐出体に任意波形電圧を印加することにより前記基板表面に対して流体の超微細径液滴を吐出させ、該液滴を基板へ飛翔、付着させ、付着後該流体液滴を固化することを特徴とする立体構造物の製造方法。

(2) 基板上に先に付着した液滴固化物に電界を集中させ、その上に、後から付着する液滴を積み重ねる(1)記載の立体構造物の製造方法。

(3) 前記流体が金属超微粒子を含むことを特徴とする(1)記載の立体構造物の製造方法。

(4) 前記流体が高分子溶液であることを特徴とする(1)記載の立体構造物の製造方法。

(5) 前記流体がセラミックス超微粒子を含む溶液であることを特徴とする(1)記載の立体構造物の製造方法。

(6) 前記流体がセラミックスのゾルーゲル溶液であることを特徴とする(1)記載の立体構造物の製造方法。

(7) 前記流体が低分子溶液であることを特徴とする(1)記載の立体構造物の製造方法。

(8) 吐出する前記流体のサイズが、直径3μm以下であることを特徴とする(1)記載の立体構造物の製造方法。

(9) 前記流体の乾燥固化時間が、0.1秒以下であることを特徴とする(1)記載の立体構造物の製造方法。

(10) 前記流体の飛翔速度が10m/s以上であることを特徴とする(1)記載の立体構造物の製造方法。

(11) 前記流体の飽和蒸気圧以下の雰囲気において行われる事を特徴とする(1)記載の立体構造物の製造方法。

(12) 前記基板の表面温度が、前記流体の沸点以下であることを特徴とする(1)記載の立体構造物の製造方法。

(13) 吐出する前記流体の誘電率が1以上で有ることを特徴とする(1)記載の立体構造物の製造方法。

(14) 超微細粒径の液滴を固形化、積重ねて成長させてなる微細径の立体構造物。

(15) アスペクト比が3以上である(14)記載の立体構造物。



(16) 前記液滴の粒径が直径 $3 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする (14) 記載の立体構造物。

【発明の効果】

【0007】

本発明の立体構造物（代表例としては、柱）を作製する作製方法、およびそれによって得られる微細立体構造物は、作成に要するエネルギー消費量が極めて小さい。またフォトマスクの作成や、金型の製作といった事前準備が不要で、試作が容易である。しかも必要な場所に必要なだけの量の資源を投入できるという利点がある。

従来不可能なほどの高アスペクト比構造体の実現、省資源、省エネルギー、及び、高成長速度の実現（溶剤、流体の性質、吐出条件にもよるが $1 \mu\text{m}/\text{s}$ 以上の速度で成長させる）が出来る。

本発明によれば、例えば直径は約 600 nm 、高さは $30 \mu\text{m}$ の微細立体構造物が作製できる。微細立体構造物の高さは、各格子点での静止時間により任意に制御できる。

このような本発明によれば大気中、しかもデスクトップで、安価な装置により、サブミクロンで、アスペクト比が 3 以上の立体構造物が簡便に作成可能となった。

また、材料として、金属超微粒子を用いることが好ましいが、その利点は、立体構造形成後に焼結させ構造を固定化した後に、有機溶剤などに溶解した樹脂などで構造体を埋め込むことが可能な点である。すなわち、構造体が樹脂材料の場合、樹脂と有機溶剤の組み合わせによっては、構造体が溶剤に浸され、構造自体が破壊される事も起こりうる。この点金属超微粒子を用いて構造体を形成し、焼結することにより、有機溶剤などに対し安定な材質となることである。このため、後工程で銀のみをエッチングにより溶かし、穴空き板を作る事も可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明方法は、電界を用いて、微細流体を基板へ飛翔付着させ、微細液滴の速乾性、高速固体化を利用して、立体構造物（代表例としては、アスペクト比 3 以上の柱状）を作製する。本発明において超微細液滴とは、滴径が好ましくは $20 \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $5 \mu\text{m}$ 以下、特に好ましくは $1 \mu\text{m}$ 以下のものをいうがこれに制限されるものではない。この超微細液滴に対応して形成される微細立体構造物は、直径（底面の短辺の径）が、好ましくは $20 \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $5 \mu\text{m}$ 以下、特に好ましくは $1 \mu\text{m}$ 以下である。また、本発明において立体構造物（具体的には立体構造体ともいう）とは、単なる平面的な回路やパターンではなく、底面の寸法の短いほうの寸法（短辺）にくらべ、厚さ方向がその値の 3 倍程度以上の寸法を持つものをいう。例としては、円柱、楕円柱、あるいは上からの投影形状は、線状であっても、線幅に比べて厚さが著しくある場合（線幅の 3 倍以上）のものも含まれる。

本発明において、超微細インクジェットを用いて、超微細液滴を吐出させる。この微小液滴は表面張力の作用や、比表面積の高さなどにより、極めて蒸発速度が早い。したがって着弾後は溶媒蒸発速度、乾燥固化、溶媒蒸発による粘度変化、衝突エネルギーによる固化、などを利用することにより高さを持った構造体の形成が可能となる。

【0009】

加えて、本発明方法による超微細インクジェットにおいては、電界による効果で、ノズル先端部に向かう応力が絶えず構造体先端部に作用するために、常にノズル方向へ引っ張られながら成長することになり、このためアスペクト比の高い構造体でも倒れることなく成長が可能となる。また、いったん構造体の成長が始まると、後述の図 3 で説明するように構造体の頂点に電界が集中するために、吐出流体の集中が起こる。この効果により効率よく成長が促される。この方法に用いることができるインクジェット装置の 1 例については後述する。

本発明方法に用いる材料としては、誘電率が高い材料、導電率が高い流体材料が望ましい。

具体的には、誘電率が好ましくは 1 以上、より好ましくは 2 ~ 10 であり、導電率は 1

0^{-5} S/m以上のものが好ましく用いられる。流体材料は電界集中を起こしやすいものが用いられる。液体材料および、それが固体化したものの誘電率は、基板材料よりも誘電率が高いことが必要である。基板面には、ノズルに印加する電圧によって電界が生じている。この場合、液滴が基板上に着弾し付着すると、液体を通る電気力線の密度が、付着していない基板部分よりも高くなる。この状態を基板上における電界集中が起こった状態と呼ぶ。また、いったん構造物が生成され始めると、構造物の先端部は、電界により分極が起こったり、あるいはその形状に由来した電気力線の集中が起こる。液滴は電気力線に沿って飛翔し、その密度のもっとも高い部分に吸い寄せられると考えられるために、後から飛翔する液滴は、構造物の先端に選択的に堆積することになる。

基板は、絶縁体でも、導電体でも構わない。構造体の成長にあわせ、ノズル-基板間距離を変化させることで、さらに高いアスペクト比が得られる。また、構造体の成長にあわせ、駆動電圧、駆動電圧波形、駆動周波数などを変化させても構わない。

【0010】

また、電界は液体吐出ノズルと基板間の間に印加するのではなく、別にもうける電極による電界を利用しても良い。構造体の成長にあわせ、ノズル-基板間距離を変化させることで、さらに高いアスペクト比が得られる。また、構造体の成長にあわせ、駆動電圧、駆動電圧波形、駆動周波数などを変化させても構わない。また、電界は液体吐出ノズルと基板間の間に印加するのではなく、別にもうける電極による電界を利用しても良い。本発明方法により得られる微細径の立体構造物は、アスペクト比を3以上のものとでき、さらには5以上、用途に応じては10以上のものも製造できる。

【0011】

本発明において、微細液滴を形成する液体材料として、金属超微粒子ペースト、高分子(ポリビニルフェノールのエタノール溶液: (例えばマルカリンカー(商品名))、セラミックスのゾル-ゲル液、オリゴチオフェンのような低分子溶液などがある。乾燥速度がある程度速く、乾燥により粘度が大きく変化するものは、立体構造物の形成材料として使用可能である。超微細液滴ジェット装置(以下、単にインクジェット装置ということがある。)の針状の流体吐出体から少量づつ流体を飛翔させ、基板に付着させる。

本発明において超微細インクジェットを用いて、微小液滴を吐出させる。微小液滴は表面張力の作用や、比表面積の高さなどにより、溶剤の蒸発速度が極めて高い。本発明では微細液滴にするために、吐出時の体積あるいは、径を制御する。一方で、実際には、着弾時の立体構造物の上から重要である。したがって、着弾ドットの径が小さくなるように、電圧などの調整を適宜に行う。

【0012】

以下に本発明をさらに説明する。

(概略工程)

図1に本発明の微細立体構造体の作成工程の例を概略的に示す。図(A)、(B)、(C)において100は基板、101はノズルであり、102はノズル101から吐出された超微細液滴、103は基板100上に着弾し、固化した液滴であり、着弾と同時に固化し始める。図1(B)は前記液滴が連続して着弾し固化堆積体104が形成されている。図1(C)はさらに堆積物頂上に超微細液滴が集中して着弾し、立体構造体105が形成されたことを示している。

【0013】

(微少量吐出実現の方法)

図2は、本発明の実施に好適な超微細流体ジェット装置の一実施態様を一部断面により示したものである。図中1は、超微細径のノズルである。超微細液滴サイズ実現のために、低コンダクタンスの流路をノズル1近傍に設けるか、またはノズル1自身を低コンダクタンスのものにすることが好ましい。このためには、ガラス製の微細キャピラリーチューブが好適であるが、導電性物質に絶縁材でコーティングしたものでも可能である。ノズル1をガラス製とすることが好ましい理由は、容易に数μm程度のノズルを形成できること、ノズルのつまり時には、ノズル端を破碎することにより、新しいノズル端が再生でき



ること、ガラスノズルの場合、テーパー角がついているために、ノズル先端部に電界が集中しやすく、また不要な溶液が表面張力によって上方へと移動し、ノズル端に滞留せず、つまりの原因にならないこと、および、適度な柔軟性を持つため、可動ノズルの形成が容易であること等による。また、低コンダクタンスとは、好ましくは $10^{-10} \text{ m}^3/\text{s}$ 以下である。また、低コンダクタンスの形状とは、それに限定されるものではないが、例えば、円筒形状の流路においてその内径を小さくしたり、または、流路が同一でも内部に流れ抵抗となるような構造物を設けたり、屈曲させたり、もしくは、弁を設けた形状などが挙げられる。

【0014】

例えば、ノズルとして、芯入りガラス管（株式会社ナリシゲ製、GD-1（商品名））を用い、キャピラリープラにより作成できる。芯入りガラス管を用いることにより、以下のようない効果が得られる。（1）芯側ガラスがインクに対し濡れやすいために、インクの充填が容易になる。（2）芯側ガラスが親水性で、外側ガラスが疎水的であるためにノズル端部において、インクの存在領域が芯側のガラスの内径程度に限られ、電界の集中効果がより顕著となる。（3）微細ノズル化が可能となる。（4）十分な機械的強度が得られる。本例では、芯入りガラス管の場合を述べたが、芯の有無は本質的ではなく、芯無しガラス管でも同様である。

本発明においては、ノズル直径（内径）の下限値は、製作上、 $0.01 \mu\text{m}$ であり、また、ノズル直径の上限値は、静電的な力が表面張力を上回る時のノズル直径の上限、および、局所的な電界強度によって吐出条件を満たす場合のノズル直径の上限の点から $25 \mu\text{m}$ である。ノズル直径の上限は、吐出が効果的に行われるために $15 \mu\text{m}$ がより好ましい。特に、局所的な電界集中効果をより効果的に利用するには、ノズル直径は $0.01 \sim 8 \mu\text{m}$ の範囲が望ましい。

またノズルの外径は、上記のノズルの内径に応じて適宜に、定まるが、好ましくは $10 \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $5 \mu\text{m}$ 以下、特に好ましくは $1 \mu\text{m}$ 以下である。ノズルは針状であることが好ましい。本発明において吐出液滴の体積は、好ましくは $10 \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $5 \mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $1 \mu\text{m}$ 以下、特に好ましくは $0.1 \mu\text{m}$ 以下とする。

ノズル1は、キャピラリーチューブに限らず、微細加工により形成される2次元パターンノズルでもかまわない。

【0015】

ノズル1を成形性の良いガラスとした場合、ノズルを電極として利用することはできないから、ノズル1内には、2の金属線（例えば、タンゲステン線）からなる電極を挿入する。なお、ノズル内にメッキで電極を形成しても良い。ノズル1自体を導電性物質で形成した場合には、その上に絶縁材をコーティングする。

また、ノズル1内には吐出すべき溶液3が充填される。この際、電極2は、溶液3に浸されるように配置する。溶液3は、図示しない溶液源から供給される。溶液3は、例えば、インクなどが挙げられる。

ノズル1は、シールドゴム4およびノズルクランプ5によりホルダー6に取り付けられ、圧力が漏れないようになっている。

7は圧力調整器で、圧力調整器7で調整された圧力は圧力チューブ8を通してノズル1に伝えられる。

以上のノズル、電極、溶液、シールドゴム、ノズルクランプ、ホルダー及び圧力ホルダーは側面断面図で示されている。ノズルの先端に近接して基板13が基板支持体14により配設されている。

【0016】

本発明における圧力調整装置の役割は、高圧を付加することで流体をノズルから押し出すためのにも用いることができるが、むしろコンダクタンスを調整したり、ノズル内への溶液の充填、ノズルつまりの除去などに用いるために特に有効である。また、液面の位置を制御したり、メニスカスの形成にも有効である。また、電圧パルスと位相差を付けるこ



とでノズル内の液体に作用する力を制御することで微小吐出量を制御する役割も担う。

9はコンピューターであり、コンピューター9からの吐出信号は、任意波形発生装置10に送られ制御される。

任意波形発生装置10より発生した任意波形電圧は、高電圧アンプ11を通して、電極2へと伝えられる。ノズル1内の溶液3は、この電圧により帯電する。これによりノズル先端の集中電界強度を高めるものである。

【0017】

本実施態様においては、図3に示したようにノズル先端部に於ける電界の集中効果と、その電界の集中効果により流体液滴を荷電させることにより、対向基板に誘起される鏡像力の作用を利用する。なお、図3は、直径dのノズルに導電性インク（液滴用流体）を注入し、無限平板導体からhの高さに垂直に位置させた様子を模式的に示したものである。また、rは無限平板導体と平行方向を示し、ZはZ軸（高さ）方向を示している。また、Lは流路の長さを、ρは曲率半径をそれぞれ示している。Qはノズル先端部に誘起される電荷である。また、Q'は基板内の対称位置に誘導された反対の符号を持つ鏡像電荷である。このため、先行技術のように基板13または基板支持体14を導電性にしたり、これら基板13または基板支持体14に電圧を印加する必要はない。すなわち、基板13として絶縁性のガラス基板、ポリイミドなどのプラスチック基板、セラミックス基板、半導体基板などを用いることが可能である。

また、ノズル先端に集中する集中電界強度を高めることにより、印加する電圧を低電圧化したものとなる。

また、電極2への印加電圧はプラス、マイナスのどちらでも良い。

【0018】

ノズル1と基板13との距離は、近ければ、近いほど鏡像力が働くため、着弾精度は向上する。一方、表面に凹凸のある基板上に吐出するには、基板上の凹凸とノズル先端との接触を避けるさけたりするため、ある程度の距離が必要である。着弾精度および基板上の凹凸を考慮すると、ノズル1と基板13との距離は500μm以下が好ましく、基板上の凹凸が少なく着弾精度を要求される場合には100μm以下が好ましく、さらに、30μm以下がより好ましい。

また、図示しないが、ノズル位置検出によるフィードバック制御を行い、ノズル1を基板13に対し一定に保つようにする。

また、基板13を、導電性または絶縁性の基板ホルダーに載置して保持するようにしても良い。

このように、本発明の実施態様の超微細流体ジェット装置は、構造が簡単なため、マルチノズル化を容易に行うことができる。

【0019】

図4は、本発明の一実施態様における吐出開始電圧Vcのノズル径d依存性を示したものである。流体溶液として、銀のナノメートルオーダーの径の粒子を分散させたペーストを用いたもので、ノズル-基板間距離100μmの条件で測定したものである。微細ノズルになるに従い吐出開始電圧が低下し、従来法に比べ、より低電圧で吐出可能なことが分かる。

図5は、本発明の一実施態様における印字ドット直径（以下直径を単に径と呼ぶことがある。）の印加電圧依存性を示したものである。印字ドット径dすなわちノズル径が小さくなるに従い、吐出開始電圧Vc、すなわち駆動電圧が低下することが分かる。図5より明らかのように、1000Vをはるかに下回る低電圧で吐出が可能である。具体的には直径1μm程度のノズルを用いた場合、駆動電圧は200V台にまで低下するという著しい効果が得られる。この結果は、従来の課題であった低駆動電圧下を解決し、装置の小型化、ノズルの高密度のマルチ化を可能するものである。

ドット径は、電圧によって制御可能である。また、印加電圧パルスのパルス幅を調整することでも制御できる。

【0020】



(目詰まりの防止、解除)

図2に示すインクジェット装置のノズル1先端のクリーニングについては、ノズル1内に高圧を付加すると共に、基板13とノズル1先端とを接触させ、固体化した溶液を基板13にこすりつける方法や、基板13に接触させることで、ノズル1と基板13間のわずかな間隙に働く毛細管力を利用することで行う。

また、溶液充填前にノズル1を溶媒に浸し、毛細管力によりノズル1内へ溶媒を少量充填することにより、最初のノズルの詰まりを回避できる。また、印字途中に詰まった場合、溶媒中にノズルを浸けることにより除去が可能である。

さらに、基板13上に滴下した溶媒にノズル1を浸して、同時に圧力や電圧等を加えることも有効である。

使用する溶液の種類によっていちがいには言えないが、一般的に、低蒸気圧、高沸点の溶媒、たとえばキシレンなどには有効である。

また、後に述べるように、電圧の印加方法として交流駆動を用いることで、ノズル内の溶液に攪拌効果を与え均質性を保つとともに、溶媒と溶質の帯電性が著しく異なる場合には、溶液の平均組成よりも溶媒過剰の液滴と、溶質過剰の液滴を交互に吐出することにより、ノズルの詰まりが緩和される。また、溶液の性質に合わせ、溶媒と溶質の帯電特性と、極性、パルス幅を最適化することで、組成の時間変化を最小化し、長期間安定した吐出特性が維持できる。

【0021】

(描画位置調整)

X-Y-Zステージ上に、基板ホルダーを配置し、基板13の位置を操作することが実用的であるが、これにとらわれず、逆にX-Y-Zステージ上にノズル1を配置することも可能である。

ノズル-基板間距離は、位置微調整装置を用いて適当な距離に調整する。

また、ノズルの位置調整は、レーザー測距計による距離データを元にZ軸ステージをクローズドループ制御により移動させ、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下の精度で一定に保つことができる。

【0022】

(スキャン方法)

従来のラスタスキャン方式では、連続した線を形成する際に、着弾位置精度の不足や、吐出不良などにより配線がとぎれてしまうケースも起こりうる。このため、本実施の形態においては、ラスタスキャン方式に加え、ベクトルスキャン方式を採用した。単ノズルのインクジェットを用いて、ベクトルスキャンにより回路描画を行うこと自体については、例えば、S. B. Fuller et al., Journal of Microelectromechanical systems, Vol. 11, No.1, p.54 (2002)に記載されている。

ラスタスキャン時には、コンピュータ画面上で対話式に描画箇所を指定できるような新たに開発した制御ソフトを用いた。また、ベクトルスキャンの場合も、ベクトルデータファイルを読み込むことで、自動的に複雑パターン描画が可能である。ラスタスキャン方式としては、通常のプリンタによって行われている方式を適宜用いることができる。また、ベクトルスキャン方式としては、通常のプロッタで用いられている方式を適宜用いることができる。

例えば、使用ステージとして、シグマ光機製のSGSP-20-35(XY)と、Mark-204コントローラーを用い、また、制御用ソフトウェアとしてナショナルインストルメンツ製のLabviewを使用して、自作し、ステージの移動速度を $1\text{ }\mu\text{m/sec}$ ～ 1 mm/sec の範囲内でもっとも良好な描画となるように調整した場合を考える。この場合、ステージの駆動は、ラスタスキャンの場合は、 $1\text{ }\mu\text{m}$ ～ $100\text{ }\mu\text{m}$ ピッチで移動させその動きに連動させ、電圧パルスにより吐出を行うことができる。また、ベクトルスキャンの場合はベクトルデータに基づき、連続的にステージを移動させることができる。ここで用いられる基板としては、ガラス、金属(銅、ステンレスなど)、半導体(シリコン)、ポリイミド、ポリエチレンテレフタレートなどが挙げられる。

【0023】



(超微細流体ジェット装置による描画)

本発明により実現される液滴は超微細であるために、インクに用いる溶媒の種類にもよるが、基板に着弾すると瞬間に蒸発し、液滴は瞬間にその場に固定される。この時の乾燥速度は従来技術によって生成されるような数十 μm のサイズの液滴が乾燥する速度に比べ、桁違いに速い。これは、液滴の微細化により蒸気圧が著しく高くなるためである。ピエゾ方式などを用いた従来技術では、本発明ほどの微細ドットの形成は困難で、また着弾精度も悪い。

【実施例】

【0024】

次に本発明を実施例に基づきさらに詳細に説明する。

実施例 1

前記図2に示したインクジェット装置を用い、図6に示す立体構造体を作成した。

【0025】

市販の金属銀超微粒子ペースト（数nm（代表値：5nm）の銀を約50質量%含有、残部溶剤、分散剤、バインダー等）で、微細立体構造物を直径は0.6 μm で30 μm 間隔で描画した。使用した金属銀超微粒子ペーストは、室温では粒子同士は結合しないが、温度を少し上げることで構成金属の融点より遙かに低い温度で焼結が起こる。描画後、約200°Cにて熱処理を施し銀の立体構造を形成した。

図2のインクジェット装置のノズル1の先端の口径は600 μm 、ノズル1内のペースト3には印加した電圧は、交流電圧で、ピーク・ツ・ピーク電圧で500V、基板と、ノズルの間隔は、約30 μm 、着弾滴径は約600nmであった。

【0026】

図6の写真の場合はノズルは各格子点で一旦停止させ、構造体を成長する時間だけ待ち時間を設け、左から右へと移動させた。立体構造体のアスペクト比は4.2、高さは25 μm である。写真において、構造体先端部が、右側に倒れている物が多いが、これは移動時に電界をかけたま移動させたため、ノズル先端部の電界に構造体が引きずられたためである。

【産業上の利用可能性】

【0027】

本発明の立体構造物の製造方法及びそれにより得られる微細な立体構造物は、微細加工レベルの、中空配線、梁、柱状構造体、センサー、電極、光学素子などの製造技術として有用である。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明方法による微細立体構造体を製造する工程の初期（A）、中期（B）、後期（C）の各段階を示す。

【図2】本発明の実施に使用する一例としての超微細流体ジェット装置の側面断面図を示したものである。

【図3】本発明の実施の形態として、ノズルの電界強度の計算を説明するために示したものである。

【図4】本発明の実施の形態における吐出開始電圧のノズル径依存性を示したものである。

【図5】本発明の実施の形態における印字ドット径の印加電圧依存性を示したものである。

【図6】実施例1で得られた立体構造物の写真である。

【符号の説明】

【0029】

1 ノズル

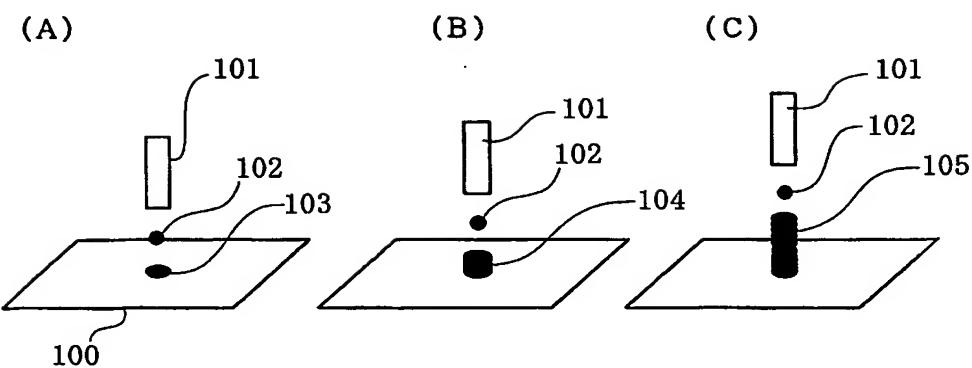
2 金属電極線

3 流体（溶液）

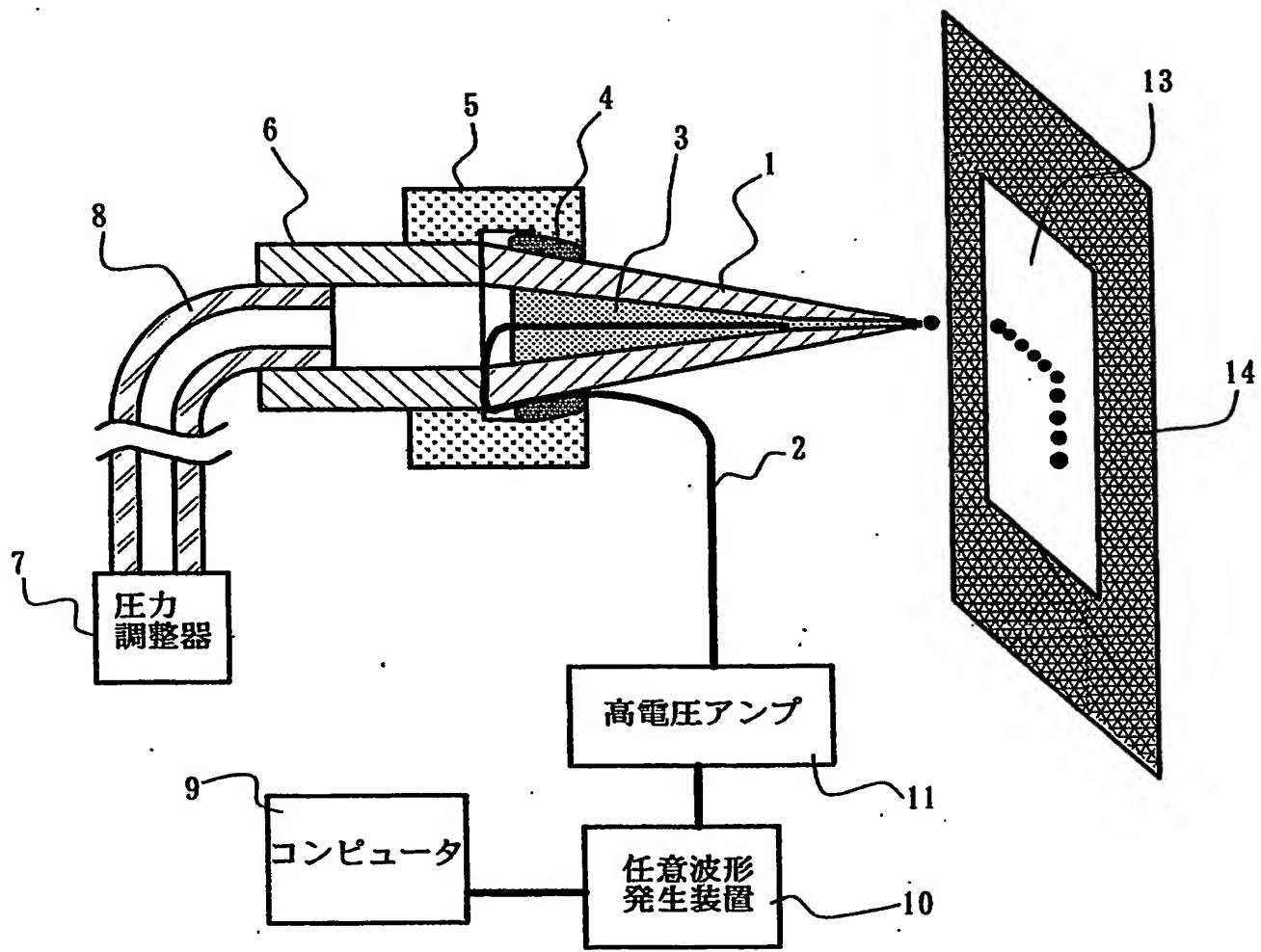
- 4 シールドゴム
- 5 ノズルクランプ
- 6 ホルダー
- 7 圧力調整器
- 8 圧力チューブ
- 9 コンピュータ
- 10 任意波形発生装置
- 11 高電圧アンプ
- 12 導線
- 13 基板
- 14 基板ホルダー
- 15 ノズル外側の電極
- 101 ノズル
- 102 超微細液滴
- 103 液滴固化物
- 104 固化堆積体
- 105 立体構造体



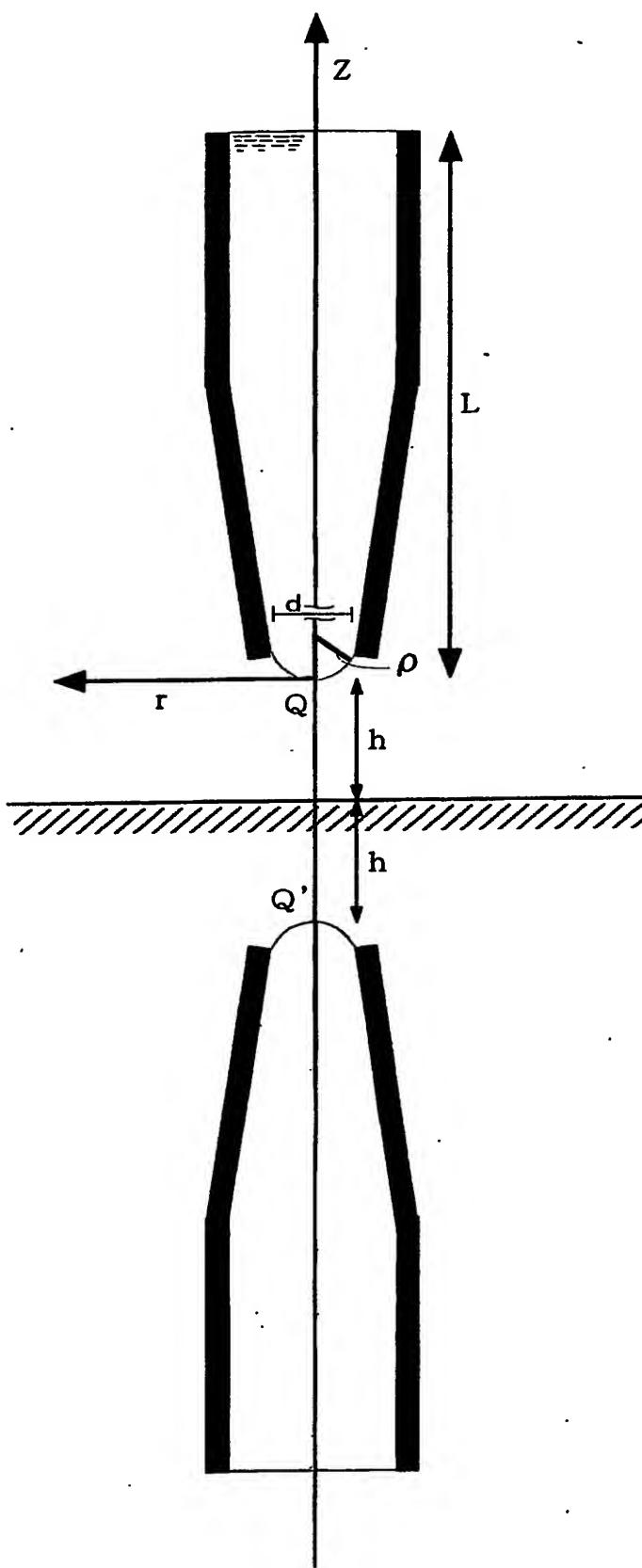
【書類名】図面
【図1】



【図2】

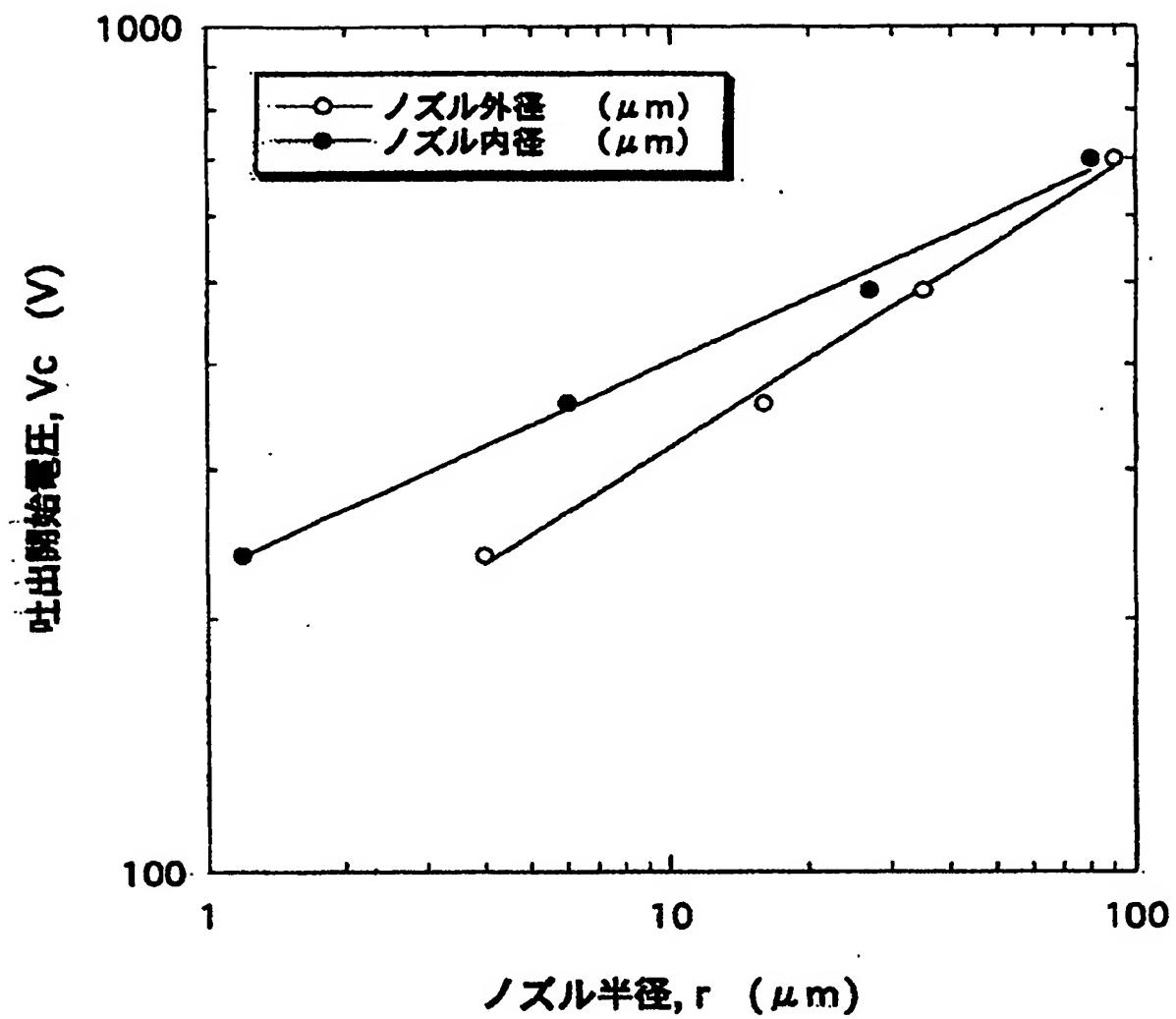


【図3】



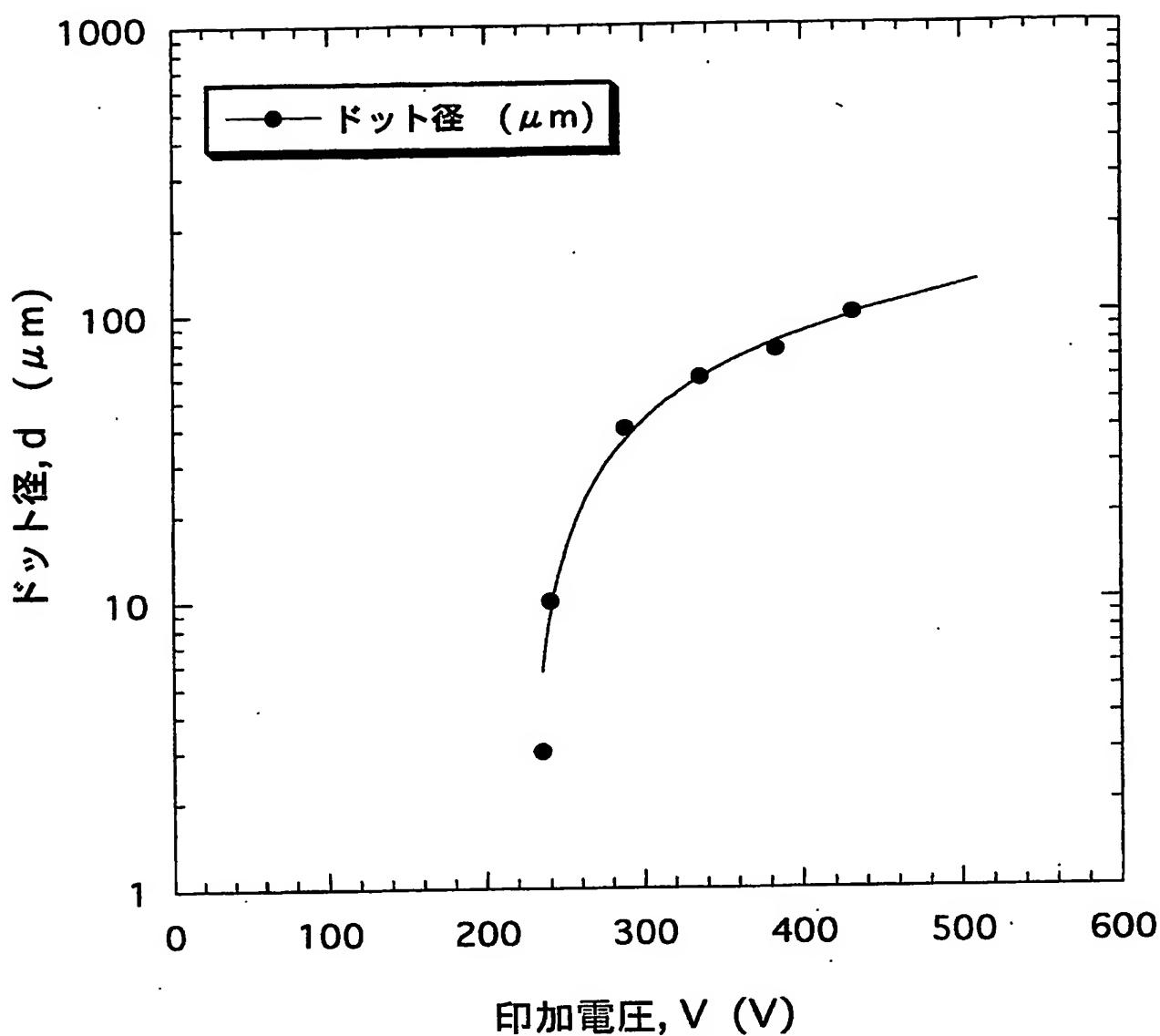


【図4】

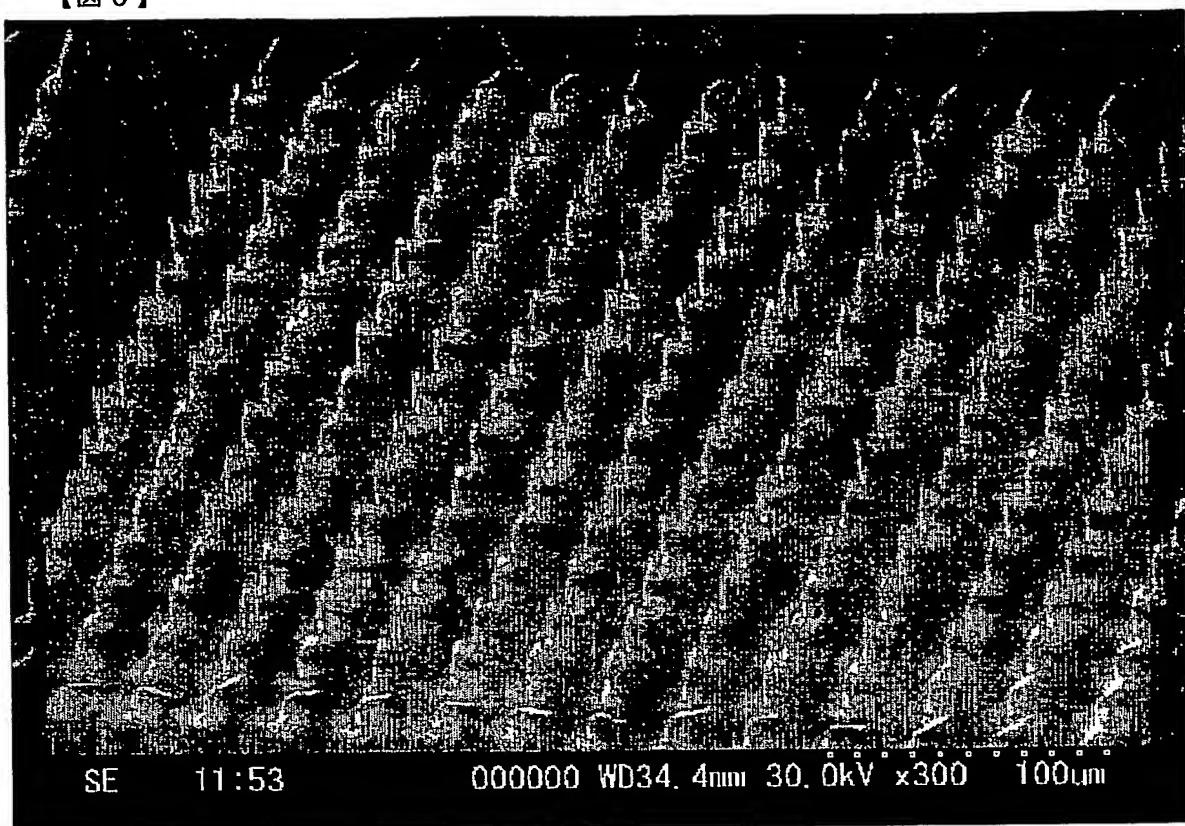




【図5】



【図6】





【書類名】要約書

【要約】

【課題】アスペクト比を自由に設定しうる立体の微細構造物を、精度と生産性よく製造しうる方法を提供する。

さらに、微細立体構造物を提供する。

【解決手段】溶液が供給される微細径の針状流体吐出体の先端に近接して基板を配設するとともに、前記針状流体吐出体に任意波形電圧を印加することにより前記基板表面に対し流体の超微細径液滴を吐出させ、該液滴を基板へ飛翔、付着させ、付着後該流体液滴を固化する立体構造物の製造方法。

【選択図】図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2003-284062
受付番号	50301274097
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成15年 8月 1日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年 7月31日
-------	-------------

特願 2003-284062

出願人履歴情報

識別番号 [301021533]

1. 変更年月日 2001年 4月 2日

[変更理由] 新規登録

住所 東京都千代田区霞が関 1-3-1
氏名 独立行政法人産業技術総合研究所

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

BLACK BORDERS

IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

FADED TEXT OR DRAWING

BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

SKEWED/SLANTED IMAGES

COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

GRAY SCALE DOCUMENTS

LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.